

V—29 非接触プロフィール測定システムについて

北海道工業大学 正会員 犬塚 雅生
 学生員 木村 弘
 学生員 沢口 隆敏

1. まえがき

本研究は対象とする起伏面をマイクロ波により、非接触的に測定しようとするシステムに関するものである。従来、起伏面の測定に関しては、ダイヤルゲージなどによる接触的方法がとられてきた。しかし、起伏面の形状が複雑になると、高度な測定技術を要すると共に、人為的な誤差が増大し、測定時間も膨大となる等の問題点があった。本測定システムは非接触的な測定により人為的な誤差を限定し、得られたデータのコンピュータ処理をすることで、迅速かつ正確なプロフィール測定を行うことを目標としている。

これまでの研究においては(資料1)、起伏の小さい面に対するスポット的な測定が行なわれ、単純な断面形状は把握されたが、本研究ではさらに起伏の大きな面に対して上述の問題点を解決しようとするものである。

2. 測定システム

2-1 概説

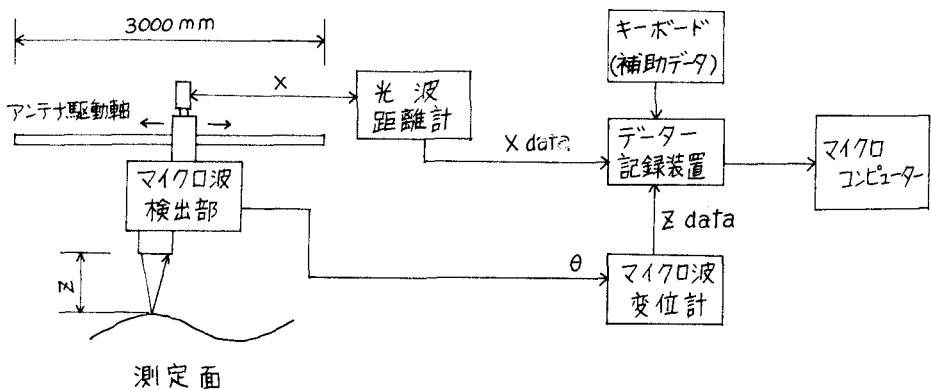


図1 測定システムのフローチャート

本システムを構成している機器はプロフィールアナライザー（マイクロ波変位計、マイクロ波検出部、データ記録装置）、光波距離計、マイクロコンピュータ、XYプロッターである。

これらを総称して非接触プロフィール測定システムとした。

測定方法は、マイクロ波検出部と光波距離計用反射プリズムとを一体化し、測定面に対して平行な掃引を行うことにより、横方向の変位量（X方向値）、プロフィールアナライザーにより、縦方向の変位量（Z方向値）を計測している。計測されたデータは、一端プロフィールアナライザー本体内にあるデータ記録装置に記録した後マイクロコンピュータ内に読み込み、10進数化、断面図製作、断面積計算等の任意の情報形態に変換する。

プロフィールアナライザーの測定原理は24GHz（1GHz=10⁹Hz）帯マイクロ波を測定面に対して発進させ、反射してくるマイクロ波の伝達遅れ時間 t をマイクロ波位相の遅れとして検出するもので、測定面の変位 ΔR とマイ

クロ波位相の変分 $\Delta\theta$ との間には次式の関係がある。

$$\Delta\theta = \frac{\Delta R}{\lambda/2} \times 2\pi \text{ (ラジアン)} \cdots (1) \quad \text{但し、}\lambda: \text{波長} \\ 0 \leq \Delta R \leq \lambda/2$$

本システムは上式(1)の $\Delta\theta$ を位相検出し、変位比電圧 V_0 として出力されたものを記録する。

2-2 測定レンジ

変位計にはA及びBと分けた2種類の測定レンジがあり、変位電圧に変換すれば

$$\text{レンジA} \quad \Delta R_A = \lambda/2 \times (V_0)_A / 5V = 1.25 \text{ m}\% \times (V_0)_A \cdots (2)$$

$$\text{レンジB} \quad \Delta R_B = \lambda/2 \times 8 \times (V_0)_B / 5V = 10 \text{ m}\% \times (V_0)_B \cdots (3)$$

レンジAは本装置の基本となるレンジでマイクロ波波長の $\lambda/2$ に相当し、受信信号の連続性に無関係にオフセット(相対ゼロ点)が保存される。即ち同一測定点の測定結果は、測定中に例えばマイクロ波が遮断されても障害物が取り除かれればもとの値に一致する。

レンジBは基本レンジのオーバーレンジ回数とオーバーレンジ極性を元にして8回分のたたみ込みを行っている。結果としてBレンジはAレンジの8倍の測定範囲を持っている。また、たたみ込みを行う結果として測定中の変位の不連続な変化(段差の測定、受信波の消失)が生じた場合、レンジBの出力は $\lambda/2$ 波長の整数倍の誤差を含んだものとなる。

2-3 変位出力

変位出力は前述のように変位 ΔR (mm) との間には(2)又は(3)式の関係にある。変位 ΔR が大きく出力電圧が5Vの範囲を超える場合についても測定可能とするための波数が用意されている。

N の整数倍 ($\Delta R/\lambda/2$) を波数として、測定開始後の位相変位が 2π 単位で何回増減したかを信号処理に(波数カウンター)より積算計算し、デジタル12ビット信号としてパラレルに出力している。この信号により $\lambda/2$ より大きな ΔR についても正確な検出値を算出できる。

なお、データ記録装置は波数と変位出力を記録再生するのみなので互方向の値を求めるためには、マイクロコンピュータによる後処理を行う必要がある。変位出力は10 bit、すなわち「1024」で表わされる最下位1 bitの変化により

$$\text{Aレンジでは} \quad 6.25 / 1024 = 6.1 \times 10^{-3} \text{ (mm)}$$

$$\text{Bレンジでは} \quad 50 / 1024 = 48.8 \times 10^{-3} \text{ (mm)} \quad \text{変化する。}$$

従って出力値の計算式は次式のようになる。

$$\text{Aレンジ} \quad \Delta R = \text{波数カウンター出力} \times 6.25 + \text{変位出力} \times 6.10 \times 10^{-3} \text{ (mm)}$$

$$\text{Bレンジ} \quad \Delta R = \text{波数カウンター出力} / 8 \times 50 + \text{変位出力} \times 48.8 \times 10^{-2} \text{ (mm)}$$

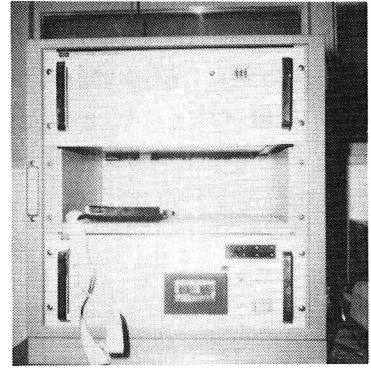


写真1 マイク波変位計
及びデータ記録装置

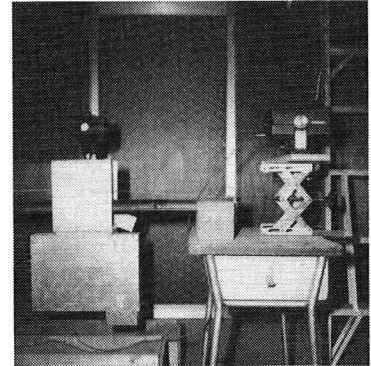


写真2 光波距離計
及びマイクロ波検出部

3 測定設定条件

3-1 アンテナ

本測定システムは前述の通りマイクロ波検出部の送信部より放射されるマイクロ波の伝達遅れ時間をマイクロ波位相の遅れとして変位量を検出するもので、その際マイクロ波に連続性を持たせなければならないこと、また測定距離範囲を幅広くとることが必要である。よって本実験においてはマイクロ波に広角性を持たせるロングレンジアンテナを使用した。又、ロングレンジアンテナ使用の際、アンテナと測定面間距離は50mm～100mmの範囲で測定を行なわなければならない。

3-2 変位感度

非接触測定システムにはA及びBに分けた2種類の変位計があるが、変位感度の比較として、同一平面を図2はAレンジ、図3はBレンジで測定したものである。AレンジはBレンジの対し8倍の測定変位感度を持つことより、測定面の微小変位に対しても敏感に反応している。しかしAレンジは比較的小範囲の面のスポット的な測定に有効であり、Bレンジは測定範囲が50mm、Aレンジの8倍の測定範囲を有することより、起伏面の大きい断面測定に適していると思われる。よって本実験においてはBレンジを用いることにした。

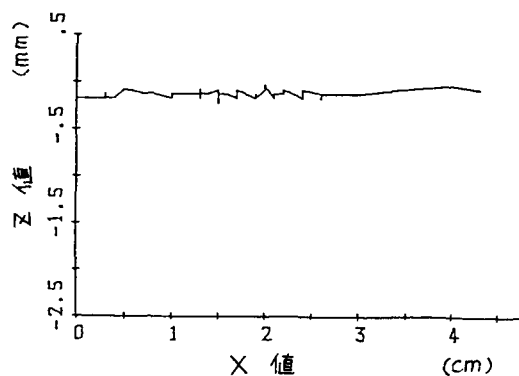


図2. 測定断面図(レンジA)

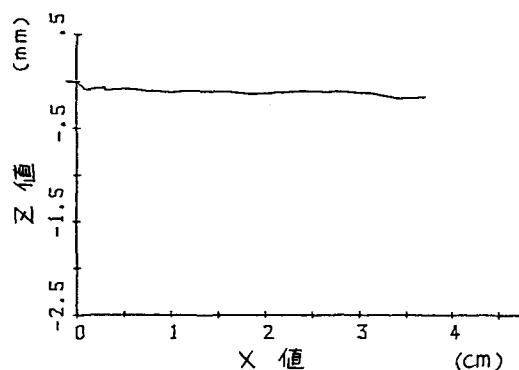


図3. 測定断面図(レンジB)

3-3 角度

図4は、本測定システムによりコンクリートの供試体に角度を与えて測定し、XYプロッターにより出力したものである。

図において15°、20°の傾斜で測定したものは、バラツキがほとんどなく、一様な測定結果を得ている。しかし、25°付近の測定では、測定結果にバラツキがみられる。原因としては、傾斜角度が大きくなると反射波の拡散が著しく、受信状態が不良となるため、正確な測定値が得られないと考えられる。よって本装置において誤差の拡大の傾斜角度は25°以上であると思われる。

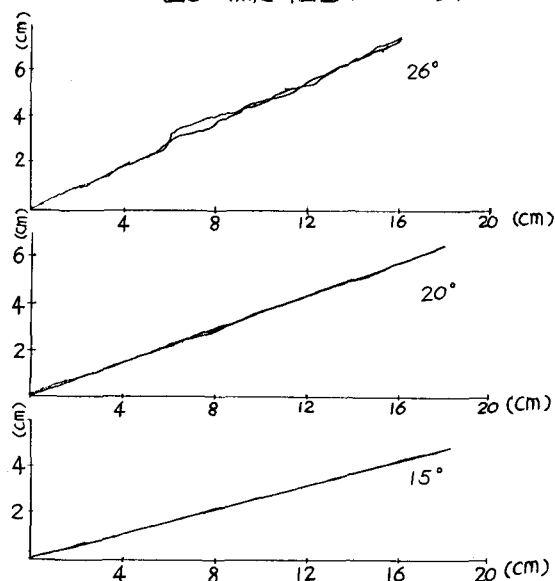


図4. 平滑斜面測定断面図

以上のような測定条件をふまえた上で図4のような起伏面のモデル(摩耗路面)を設定し測定を行った。

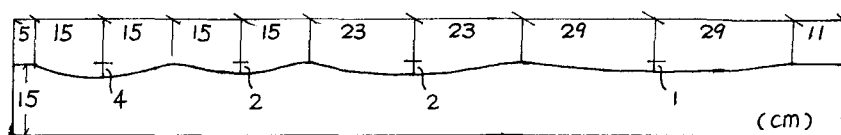


図4 供試体断面図

4. 実験結果と考察

図5は非接触測定システムにより測定した断面形状と設定断面を縦方向 1 倍、横方向を0.13 倍として、プロッター出力したものの比較図である。

本測定システムにより一定条件のもとで測定回数を重ねていったが、図に示す通り形状にはバラツキが見られない。又、両者の断面形状に関しても良い一致をみた。

更に、従来の接触的な測定に比べて、測定から解析処理に至るまでの所要時間は大幅に短縮できるものと思われる。

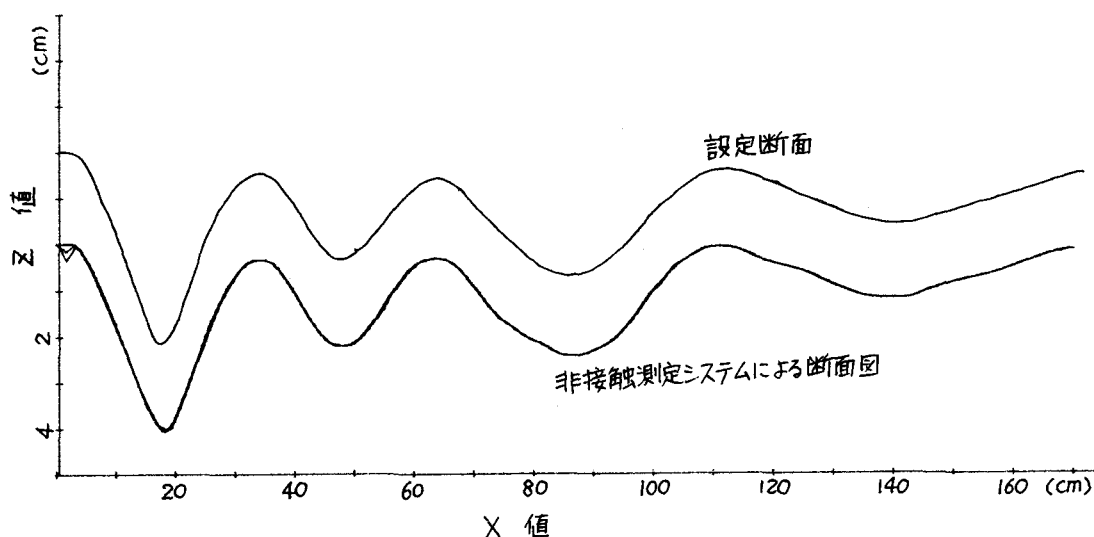


図5 設定断面図及び本測定システムによる測定結果

資料1) 土木学会北海道支部論文報告集第40号
昭和59年2月 P504~507